

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-271758

(43) 公開日 平成8年(1996)10月18日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 2 B 6/32

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 2 B 6/32

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平7-74894

(22) 出願日 平成7年(1995)3月31日

(71) 出願人 000231073

日本航空電子工業株式会社

東京都渋谷区道玄坂1丁目21番2号

(72) 発明者 前澤 亨介

東京都渋谷区道玄坂1丁目21番6号 日本

航空電子工業株式会社内

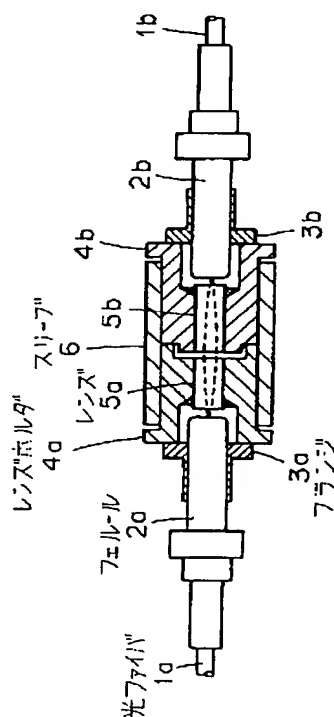
(74) 代理人 弁理士 草野 卓 (外1名)

(54) 【発明の名称】 レンズ付き光コネクタの組合せ構造

(57) 【要約】

【目的】 レンズ間の軸ずれによる光ロス許容できる程度に低く抑え、かつ角度ずれによる光ロスを問題ない程度に軽減させる。

【構成】 この組合せ構造は、光ファイバを保持するフェルル2a、2bとレンズを保持したレンズホルダ4a、4bと、レンズホルダとフェルルとを互いに固定するフランジ3a、3b及びレンズホルダ相互を結合させるスリーブ6より成る。この発明では、結合する2つのレンズ5aと5bの焦点距離 $f_1$ と $f_2$ との間に差を付ける。2つのレンズは例えば外径の等しい屈折率分布型レンズが用いられ、 $f_1/f_2 \approx 2/1 \sim 3/2$ に設定される。レンズホルダ4a、4bの対向する端面は一方の周辺部がリング状に他方側へ突出され、それと対応して他方の周辺部がリング状に削り取られて、互いに凹凸係合するように形成される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 結合すべき一对の光ファイバの各端末にそれぞれ取付けられる第1、第2フェルールと、それらフェルールの各端面の近傍にそれぞれ配される、焦点距離の異なる第1、第2レンズとを有し、コネクタの接続時に前記第1、第2レンズが近接対向するように配されるレンズ付き光コネクタの組合せ構造。

【請求項2】 結合すべき一对の光ファイバの各端末に同軸心状に取付けられる第1、第2フェルールの外周面に、第1、第2フランジがそれぞれ嵌合、固定され、円筒状の第1、第2レンズホルダの一端側の中空部に第1、第2レンズがそれぞれ保持され、他端側の中空部に、前記第1、第2フェルールの先端部がそれぞれ挿入され、

前記第1、第2フランジの端面と、前記第1、第2レンズホルダの端面とがそれぞれ接合、固定され、

前記第1、第2レンズホルダは、それぞれの外周面が共通の円筒状スリーブの両端よりその内部に挿脱自在に嵌合され、第1、第2レンズを保持した側の端面同士が同軸心状に突き合わされるレンズ付き光コネクタの組合せ構造において、

前記第1、第2レンズの焦点距離 $f_1$ 、 $f_2$ の間に差を設けたことを特徴とするレンズ付き光コネクタの組合せ構造。

【請求項3】 請求項1または2において、前記第1、第2レンズの外形がほぼ等しくされていることを特徴とするレンズ付き光コネクタの組合せ構造。

【請求項4】 請求項1または2において、前記第1、第2レンズが屈折率分布型レンズであることを特徴とするレンズ付き光コネクタの組合せ構造。

【請求項5】 請求項2において、前記第1、第2レンズホルダの対向する端面は、いずれか一方の周辺部がリング状に他方側へ突出され、それと対応して他方の周辺部がリング状に削り取られて、互いに凹凸係合するように形成されていることを特徴とするレンズ付き光コネクタの組合せ構造。

【請求項6】 請求項4において、前記第1、第2レンズの焦点距離 $f_1$ 、 $f_2$ の比が

$$f_1 / f_2 \approx 2 / 1 \sim 3 / 2$$

に設定されていることを特徴とするレンズ付き光コネクタの組合せ構造。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は一对のレンズ付光コネクタの組合せ構造に関し、特に軸ずれ及び角度ずれによる結合損失の軽減に係わる。

## 【0002】

【従来の技術】 テレビカメラ中継用光ケーブルなどでは、汚れ、ほこりのある環境で光コネクタの着脱を繰り返し行わねばならない。このような光コネクタでは接続

部の光スポットの径をレンズで拡大することにより、汚れやほこりの影響を軽減するようにしたレンズ付き光コネクタが用いられている。

【0003】 従来のこの種のレンズ付き光コネクタの組合せ構造を図9により説明する。結合すべき一对の光ファイバ1a、1bの各端末に同軸心状にフェルール2a、2bが取付けられ、それらフェルールの各外周面にフランジ3a、3bが嵌合、固定されている。円筒状のレンズホルダ4a、4bの一端側の中空部に、レンズ5a、5bがそれぞれ保持され、他端側の中空部に、フェルール2a、2bの一端部がそれぞれ挿入される。

【0004】 フェルール2a、2bの対向する端面の中心に、光ファイバ1a、1bの端面が配され、その光ファイバ1a、1bの光軸とレンズ5a、5bの光軸とが一致するように調整した後、フランジ3a、3bの端面とレンズホルダ4a、4bの端面とは溶接等により接合、固定される。レンズホルダ4a、4bは、レンズを保持した側の端面同士が同軸心状に突き合わされ、それぞれの外周面に共通の円筒状スリーブ6が嵌合される。

【0005】 レンズ5a、5b間の光ビームは、光ファイバの光の径を5.5 $\mu$ mとすると例えば140 $\mu$ m程度に拡大され、各レンズの焦点距離が等しいので平行光となる。レンズ5a、5bは、円柱状で図10に示すように屈折率が外周に近づくに従い小さくなり、凸レンズと同じ機能をもつ屈折率分布型レンズがよく用いられる。この屈折率分布型レンズでは、その焦点距離がレンズの長さに比例する性質がある。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 従来のレンズ付き光コネクタの組合せ構造は、レンズ5a、5b間の光ビームは平行で、そのスポットサイズは光ファイバの5.5 $\mu$ mに比べて140 $\mu$ m程度に拡大されているため、結合させた一对の光コネクタの光軸の軸ずれに対する光伝送損失は無視できる程度に小さいが、各々の光軸の間に僅かに0.1degの角度ずれが発生しても、1.5dB程度の大きな伝送損失が発生するという欠点があることが分った。

【0007】 この発明の目的は、上記従来の問題を解決して、軸ずれによる光ロスを経容できる程度に低く抑え、かつ角度ずれによる光ロスを問題の無い程度に軽減しようとするものである。

## 【0008】

## 【課題を解決するための手段】

(1) 請求項1の発明では、第1、第2レンズの焦点距離 $f_1$ 、 $f_2$ の間に差を設ける。

(2) 請求項2の発明は、コネクタの構造を細かく規定している以外は(1)と同様である。

【0009】 (3) 請求項3の発明では、前記(1)または(2)において、第1、第2レンズの外形がほぼ等しくされている。

(4) 請求項4の発明では、前記(1)または(2)において、第1、第2レンズに屈折率分布型レンズが用いられる。

(5) 請求項5の発明では、前記(2)において、第1、第2レンズホルダの対向する端面は、いずれか一方の周辺部がリング状に他方側へ突出され、それと対応して他方の周辺部がリング状に削り取られて、互いに凹凸係合するように形成されている。

【0010】(6) 請求項6の発明では、前記(4)において、第1、第2レンズの焦点距離 $f_1$ 、 $f_2$ の比が $f_1/f_2 \approx 2/1 \sim 3/2$ に設定されている。

【0011】

【実施例】先ず、光コネクタ間に生ずる光軸の位置ずれと角度ずれについて考察する。現在の加工精度では、レンズホルダ4a、4bの外形とスリーブ6の内径との間に最大3.5 $\mu$ m程度の寸法差のことはまぬがれない。そのため、レンズホルダ4a、4bとの間に角度ず\*

$$L = 10 \log \{ \exp(-x^2/\omega^2 - \pi^2 \theta^2 \omega^2/\lambda^2) \} \quad (\text{dB})$$

$$= 10 \times 0.434 (-x^2/\omega^2 - \pi^2 \theta^2 \omega^2/\lambda^2) \quad \dots (1)$$

ここで、x：軸ずれ( $\mu$ m)

$\theta$ ：角度ずれ(rad)

$\lambda$ ：光の波長( $\mu$ m)

20 $\times \omega$ ：光の径( $\mu$ m)

(1) 軸ずれのみの場合

(1) 式に $\theta=0$ を代入して、

$$L = 4.34 \times (-x^2/\omega^2) \quad \dots (2)$$

(1-1) もしレンズを用いず、スポットサイズを拡大★ $\star = 3.5 \mu\text{m}$ を与えると、(2)式より  
しなかった場合には、 $\omega \approx 5.5 \mu\text{m}$ であり、軸ずれx★

$$L = -4.34 \times 3.5^2/5.5^2 \approx -1.76 \quad (\text{dB}) \quad \dots (3)$$

(1-2) 従来のように2つのレンズ間を平行光とし、☆ $\star$ ビーム径を $\omega \approx 140 \mu$ に拡大した場合には、

$$L = -4.34 \times 3.5^2/140^2 \approx -0.003 \quad (\text{dB}) \quad \dots (4)$$

(2) 角度ずれのみの場合

◆ ◆ (1) 式に $x=0$ を代入して、

$$L = -4.34 \times \pi^2 \theta^2 \omega^2/\lambda^2 \quad \dots (5)$$

(2-1) レンズを用いない場合には、波長 $\lambda \approx 1.3 \mu\text{m}$ の光を対象とすると、

$$\omega \approx 5.5 \mu\text{m}, \theta = 0.1 \quad (\text{deg}) = 1.75 \times 10^{-3} \quad (\text{rad}),$$

$$L \approx -0.002 \quad (\text{dB}) \quad \dots (6)$$

(2-2) 2つのレンズ間を平行光とし、ビーム径を拡大※大した場合には、

$$\omega \approx 140 \mu\text{m}, \theta = 0.1 \quad (\text{deg}) = 1.75 \times 10^{-3} \quad (\text{rad}),$$

$$L \approx -1.51 \quad (\text{dB}) \quad \dots (7)$$

以上の数値例から分るように従来のレンズ付光コネクタでは、光軸の軸ずれに対しては確かに光の伝送損失はレンズを用いない場合よりかなり改善されているが、角度ずれに対しては逆に伝送損失は大幅に増加していることが分る。

【0014】この発明では、軸ずれによる光ロスを許容できる程度(0.5 dB程度)に低く抑え、かつ角度ずれによる光ロスを問題無い程度に軽減する方法を提供する。即ち、図3Bの模式図に示すように、2つのレンズ $L_1$ 、 $L_2$ 間の光が非平行光となるように、2つのレンズ $L_1$ 、 $L_2$ の焦点距離 $f_1'$ 、 $f_2'$ に差をもたせ、図の例では $f_1' > f_2'$ とし、かつ $l_1 < f_1'$ 、 $l_3 > f_2'$ としている。光ファイバ1aからの光の放射角度 $\alpha_1'$ との光ファイバ1bへの入射角度 $\alpha_2'$ とを

\*れのみが発生する図2Aの場合には、スリーブ6の長さが約8 mmであるので、各々のレンズホルダのスリーブ6の軸線Lとの角度ずれは約0.05 degとなり両レンズホルダ間の角度ずれは、その2倍の約0.1 degとなる。

【0012】一方、両レンズホルダ間に軸ずれのみが発生する図2Bの場合には、各レンズホルダのスリーブの軸線Lとの軸ずれは最大で約3.5/2  $\mu\text{m}$ となり、両レンズホルダ間で約3.5  $\mu\text{m}$ となる。このように現在の加工精度では両レンズホルダ間の光軸のずれとして、最悪約0.1 degの角度ずれ或いは約3.5  $\mu\text{m}$ の位置ずれが生ずることはまぬがれないのである。

【0013】次に、この角度ずれ或いは位置ずれによって発生する理論的な光伝送損失について考察する。技術書である「光結合系の基礎と応用」(現代工学社)によると、2つの光ビームの軸ずれ及び角度ずれで生ずる光の伝送損失L(dB)は次式で与えられる。

ほぼ等しくすると共に、軸ずれ、角度ずれの無い場合の理想的な光学系での光のロスがないように $f_1'$ と $f_2'$ との値は設定される。つまり $f_1'$ 、 $f_2'$ は光が光ファイバから他の光ファイバに効率よく入射できるように設定される。 $l_1$ 、 $l_3$ は光ファイバ1a、1bとレンズ $L_1$ 、 $L_2$ 間の距離である。なお図3Aは従来例の模式図であり、本発明と比較するためにのせている。2つのレンズの間隔 $l_2$ は図3Bのこの発明の場合には $l_2 \leq l_1$ または $l_2 \approx l_1$ とされる。実際には $l_1$ 、 $l_2$ 、 $l_3$ はいずれも微小な距離である。レンズ間の光ビームは非平行光であり、レンズ $L_1$ 側の光の径 $\omega_1$ はレンズ $L_2$ 側の光の径 $\omega_2$ より僅かに小さい。しかし軸ずれまたは角度ずれによる光の伝送損失Lを計算する場合には、 $l_2$ が小さい値であるので $\omega_1 \approx \omega_2$ とし

て取扱うことができる。

【0015】レンズを出射した光ビームが図4Aのように平行光となるか、図4Bのようにビーム径が拡大して行くか、図4Cのようにビーム径が減少して行くかは、光ファイバ1とレンズLとの間隔 $l$ と、レンズLのもつ焦点距離 $f$ との大小関係で決まる。 $l=f$ の場合は平行光となり、 $l<f$ の場合はビーム径が拡大し、 $l>f$ の場合はビーム径が減少する。図4において光が光ファイバ1へ入射する場合も、上述の出射する場合と同じである。

【0016】図3Bの場合は、以上の説明から分るように、レンズ $L_1$ については $l_1 < f_1'$ とし、レンズ $L_2$ については $l_2 > f_2'$ とし、レンズ $L_1$ で拡大された光はレンズ $L_2$ で全て集光され、光のロスがないよう\*

$$L = -4.34 \times 3.5^2 / 10^2 = -0.53 \text{ (dB)} \quad \cdots (8)$$

(ロ)  $\omega_L \approx 20 \mu\text{m}$ とした場合

$$L = -4.34 \times 3.5^2 / 20^2 = -0.13 \text{ (dB)} \quad \cdots (9)$$

(2-3) 2つのレンズ間の光を非平行光とした場合の角度ずれ

※

$$\theta = 0.1 \text{ deg} = 1.75 \times 10^{-3} \text{ rad}, \omega = 5.5 \mu\text{m}$$

$$L \approx -0.008 \text{ (dB)} \quad \cdots (10)$$

(ロ)  $\omega_L \approx 20 \mu\text{m}$ とした場合

$$L \approx -0.031 \text{ (dB)} \quad \cdots (11)$$

レンズを用いない場合の軸ずれによる光ロスは(3)式の $L \approx -1.76 \text{ (dB)}$ であり、角度ずれによる光ロスは(6)式の $L \approx -0.002 \text{ dB}$ であるから、これらと比較すると、この発明のように $\omega_L \approx 10 \sim 20 \mu\text{m}$ とした場合には、軸ずれによる光ロスは約1/3に軽減される。一方、角度ずれによる光ロスは僅かに増加するが、しかし $L \approx -0.008 \sim -0.031 \text{ (dB)}$  30 であるから、全く問題にならないほど小さい。従来の平行光とした場合の光ロス $L \approx -1.51 \text{ dB}$ に比べて大幅に軽減されていることが分る。以上述べた軸ずれまた★

$$\omega_L = \omega / \{ (\pi \omega^2 / \lambda)^2 / f^2 + (1 - d/f)^2 \}^{1/2} \quad \cdots (12)$$

の関係が成り立つ。

【0020】(イ)  $\omega_L = 10 \mu\text{m}$ のときの焦点距離 $f$  ☆

$$f_1 = 1.95 \text{ mm} \quad \cdots (13)$$

(ロ)  $\omega_L = 20 \mu\text{m}$ のときの焦点距離 $f_1$ は、同様に ◆ ◆して、

$$f_1 = 1.56 \text{ mm} \quad \cdots (14)$$

(ハ) 従来のように $\omega_L = 140 \mu\text{m}$ の平行光とした場\*40\*合は、

$$f_1 = 1.24 \text{ mm} \quad \cdots (15)$$

他方のレンズの焦点距離 $f_2$ を求めるために、先ず2つのレンズ全体の焦点距離 $f_T$ を求める。2枚のレンズ系全体の焦点距離 $f_T$ は図7Bに示すように平行光をレンズ系に入射させたときの焦点Pとレンズ $L_2$ との距離に※

$$1/f_T = 1/f_1 + 1/f_2 \quad \cdots (16)$$

$$= 2/f_1 \quad (\because f_1 = f_2) \quad \cdots (17)$$

$$\therefore f_T = f_1 / 2 = 0.622 \text{ mm} \quad \cdots (18)$$

$\omega_L \approx 10 \sim 20 \mu\text{m}$ として、非平行光を用いるこの発明の場合にも、レンズ系全体の焦点距離 $f_T$ は、一方の

光ファイバから他方の光ファイバに光を効率よく入射させるために、平行光を用いる場合と同じに設定する必要

\*にしている。図3A、Bではいずれも $l_1 = l_2$ として、光ファイバ1a、1bに入射又は出射する光の放射角度は $\alpha_1 = \alpha_2$ 、 $\alpha_1' \approx \alpha_2'$ である。

【0017】光ファイバ1のビーム径 $\omega \approx 5.5 \mu\text{m}$ に対して、従来の2つのレンズ間のビーム径 $\omega_L$ は約 $140 \mu\text{m}$ とされていたが、この発明では従来の角度ずれによる伝送ロスを軽減するために、光ファイバ1のビーム径 $\omega \approx 5.5 \mu\text{m}$ に対して、レンズ間のビーム径は $\omega_L \approx 10 \sim 20 \mu\text{m}$ としている。次にこの場合の伝送ロスの軽減の数値例を述べる。

【0018】(1-3) 2つのレンズ間の光を非平行光とした場合の軸ずれ

(イ)  $\omega_L \approx 10 \mu\text{m}$ とした場合

★は角度ずれによる光伝送損失を図8にまとめて示す。

【0019】(3) 2つのレンズの焦点距離について、次に光ファイバのビーム径 $\omega \approx 5.5 \mu\text{m}$ に対して、レンズによりビーム径 $\omega$ を $10 \sim 20 \mu\text{m}$ 程度に拡大するために必要な2つのレンズの焦点距離 $f_1$ 、 $f_2$ を求める。レンズとして従来例と同様に屈折率分布型レンズを用いると、図6に示すように、光ファイバ1a(1b)とレンズ5a(5b)との間隔を $d$ とすると、「光結合系の基礎と応用」(現代工学社)にあるように、

☆1は、 $\omega = 5.5 \mu\text{m}$ 、 $d = 1.06 \text{ mm}$ 、 $\lambda = 1.3 \mu\text{m}$ とすると、

※等しい。これはレンズ系のレンズが1枚のみの図7Aの場合と同様である。

【0021】2枚のレンズ系全体の焦点距離 $f_T$ は平行光を用いる従来の場合には、

がある。従って、

$$\begin{aligned} 1/f_2 &= 1/f_T - 1/f_1 = 1/0.622 - 1/1.95 = 1.09 \\ \therefore f_2 &= 0.92 \text{ mm} \end{aligned} \quad \dots (19)$$

2枚のレンズの焦点距離の比は

$$f_1/f_2 = 1.95/0.92 \approx 2/1 \quad \dots (20)$$

(ホ)  $\omega_L = 20 \mu\text{m}$  の場合の  $f_2$  は、同様にして

$$\begin{aligned} 1/f_2 &= 1/f_T - 1/f_1 = 1/0.622 - 1/1.56 = 0.97 \\ \therefore f_2 &= 1.03 \text{ mm} \end{aligned} \quad \dots (21)$$

$$\therefore f_1/f_2 = 1.56/1.03 \approx 3/2 \quad \dots (22)$$

光ファイバのビーム径  $\omega = 5.5 \mu\text{m}$  をレンズにより  $\omega_L \approx 10 \sim 20 \mu\text{m}$  に拡大するには (20), (22) 式より焦点距離の比  $f_1 : f_2$  を約 2 : 1 から 3 : 2 にすればよいことが分る。

【0022】なお、屈折率分布型レンズの場合には、焦点距離  $f$  はレンズの光軸方向の長さに反比例する。この発明のレンズ付き光コネクタの組合せ構造を図1に、図9と対応する部分に同じ符号を付けて示し、重複説明を省略する。レンズ5a, 5bの外径及びレンズホルダ4a, 4bの外径をそれぞれ等しく設定して、製造を容易にしている。フェルール2a, 2bとレンズ5a, 5bとの各間隔が図3Bの $l_1$ ,  $l_3$ に相当し、レンズ5a, 5bの間隔が図3Bの $l_2$ に相当する。

【0023】図5に示すのは(5)式による角度ずれと光伝送損失との関係をグラフに画いたものである。平行光を用いる従来例と比較して、角度ずれの影響が大幅に軽減されていることが分る。レンズホルダの対向する端面は、いずれか一方の周辺部がリング状に他方側へ突出され、それと対応して他方の周辺部がリング状に削り取られて、互いに凹凸係合し、充分な結合強度を得ている。

【0024】

【発明の効果】以上述べたようにこの発明によれば、2つのレンズの焦点距離  $f_1$ ,  $f_2$  に差を設けることによって(レンズ間の光は非平行光となる)、レンズ間の軸ずれによる光ロスを許容できる程度に低く抑え、かつ角

度ずれによる光ロスを問題ない程度に軽減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の実施例を示す断面図。

【図2】従来のレンズ付き光コネクタの組合せ構造において発生するレンズ間の角度ずれと軸ずれとを説明するための該組合せ構造の原理的な断面図。

【図3】この発明の原理を説明するための光学系の模式図。

【図4】一方の光ファイバ端面と一方のレンズとの間隔1に対してそのレンズの焦点距離  $f$  を変化させた場合に、一方のレンズより他方のレンズ(図示せず)に、または他方のレンズから一方のレンズに入射する光ビームの拡がり具合を説明するのに供する一方の光学系の模式図。

【図5】この発明及び従来例の該組合せ構造におけるレンズ間の角度ずれによる光の損失増加量を示すグラフ。

【図6】屈折率分布型レンズを用いた場合の光ビーム径の変化を説明するのに呈する光学系の原理的な断面図。

【図7】2枚のレンズ全体の焦点距離  $f_T$  を1枚のレンズの焦点距離  $f$  と対比して示す光学系の模式図。

【図8】光軸のずれまたは角度ずれによる光学系のロスのデータを示す図。

【図9】従来の該組合せ構造の断面図。

【図10】屈折率分布型レンズの屈折率変化特性を示す図。

【図1】

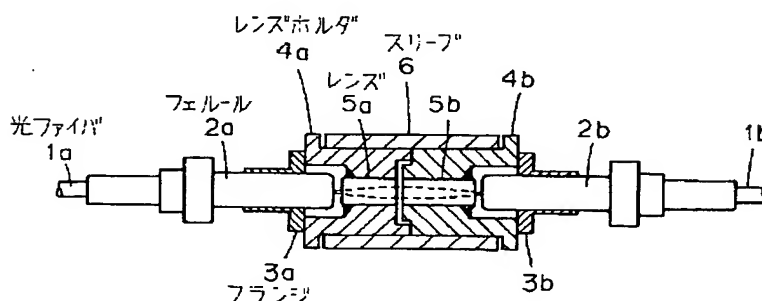


図1

【図6】

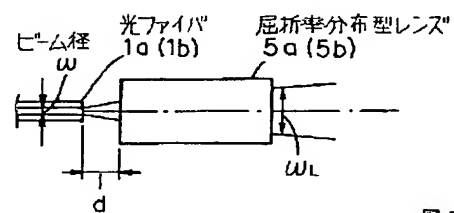
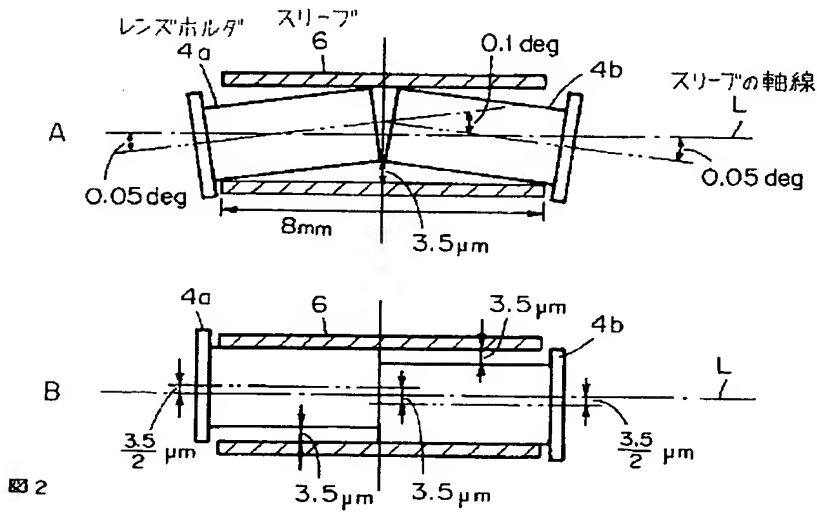
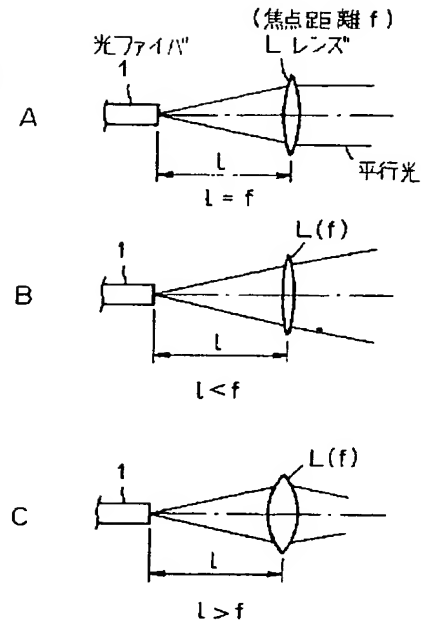


図6

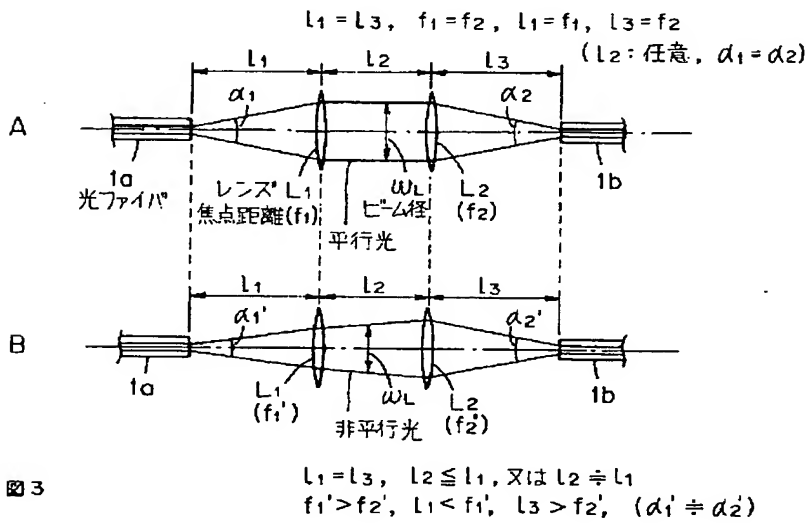
【図2】



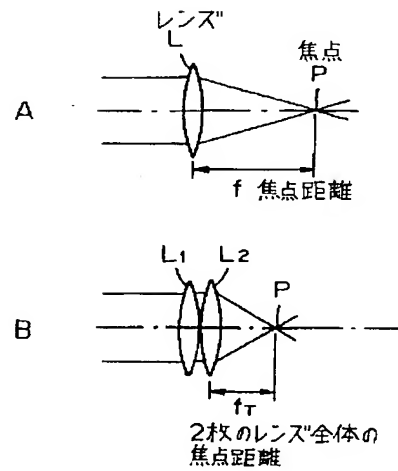
【図4】



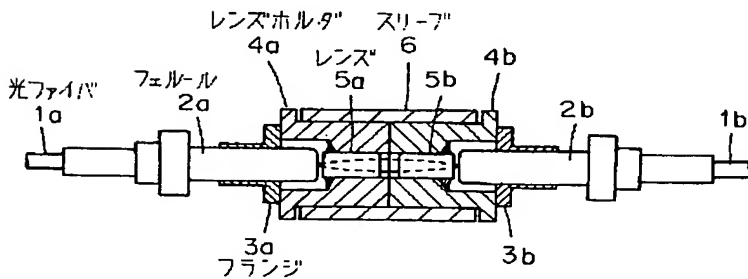
【図3】



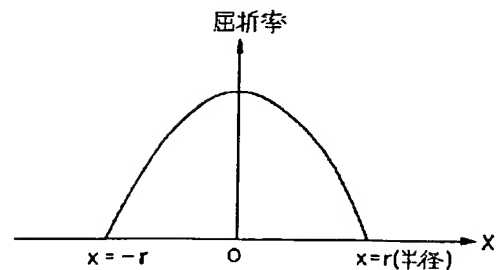
【図7】



【図9】



【図10】



【図5】

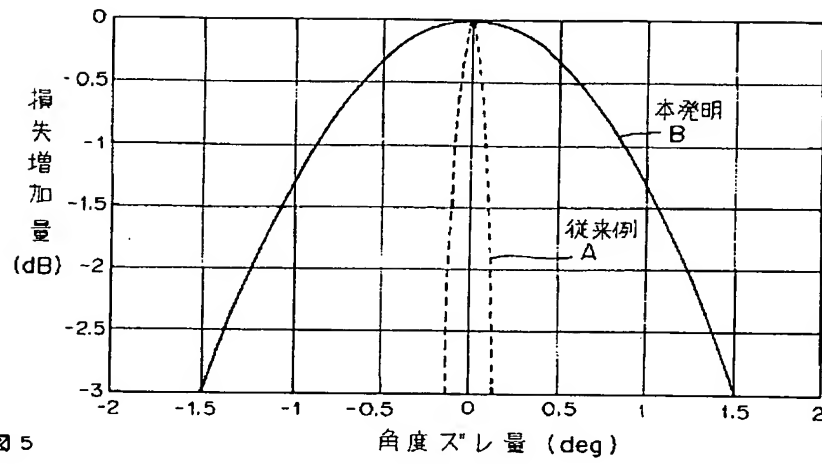


図 5

【図8】

軸ずれ、角度ずれによる光伝送損失

|                          | レンズを使用<br>しない場合          | 本 発 明                            | 従 来 例<br>(平行光)             |
|--------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------------------------|
| 軸ずれ<br>3.5 $\mu\text{m}$ | -1.78<br>dB              | -0.53~<br>-0.13 dB               | -0.002<br>dB               |
| 角度ずれ<br>0.1 deg          | -0.002<br>dB             | -0.008<br>~-0.031<br>dB          | -1.51 dB                   |
| 備 考<br>(スポット<br>サイズ)     | $W=5.5$<br>$\mu\text{m}$ | $W_L=10\sim$<br>20 $\mu\text{m}$ | $W_L=140$<br>$\mu\text{m}$ |

図 8